

## O papel dos laboratórios na engenharia civil

Procurarei dar uma idéia geral do papel fundamental e variado desempenhado atualmente pelos laboratórios nas atividades correntes e no progresso da indústria de construção de edifícios e obras públicas, indústria que constitui o campo de ação do engenheiro civil.

Quanto ao tema — *O papel dos laboratórios na engenharia civil* — começarei por referir que tenho tido a oportunidade de o debater em países com os mais diversos graus de desenvolvimento. Tenho verificado que, tal como aconteceu na evolução histórica

da engenharia, em que o primeiro laboratório foi criado para servir à engenharia civil — trata-se do “Laboratoire des Ponts et Chaussées”, de Paris, instituído em 1851 e destinado ao estudo de materiais de construção — ainda hoje nos territórios em vias de desenvolvimento são os laboratórios destinados a apoiar as realizações do engenheiro civil, aquêles cuja necessidade se faz sentir em primeiro lugar. E tal é consequência do desenvolvimento de um território de ter de começar pela criação de infra-estrutura, isto é, por obras de engenharia civil, as

quais, pela sua natureza, não podem ser importadas. Têm, pois, de ser executadas localmente, assim se criando condições para o desenvolvimento de laboratórios de engenharia civil. À medida que um território se desenvolve cada vez o projeto e a execução de obras tira maior proveito da ação dos laboratórios. Considero, no entanto, que, mesmo nos países mais evoluídos, não são em regra plenamente aproveitadas as tão variadas possibilidades, que adiante referirei, oferecidas pelos métodos experimentais, mesmo no respeitante ao aproveitamento das capacidades dos laboratórios já existentes.

Vejamos então em que é que os laboratórios podem ser úteis à engenharia civil, à qual incumbe a produção e conservação de edifícios e obras públicas e, por vêzes, mesmo a exploração das obras construídas.

Os laboratórios dão a sua contribuição em relação aos materiais a usar, às ações exteriores a considerar, às formas a adotar, aos próprios processos de construção a seguir e, compete-lhes ainda, a tarefa de verificação do comportamento da obra. Isto é, do produto final da indústria da construção.

Ao falar da contribuição dos laboratórios desejo esclarecer que nela incluo a variada gama de atividades que vai desde o simples ensaio de rotina até à investigação destinada a servir à engenharia civil. De fato, cada vez melhor se consegue planear e conduzir a ação de investigação

de modo a desta derivarem a curto prazo reais benefícios. Acresce que o trabalho de laboratório, isto é, a experimentação, conduz naturalmente à investigação pois que, como afirmou de maneira tão incisiva o Professor Arturo Danusso, "... cabe ao experimentador a honra de receber diretamente a voz da natureza para depois a interpretar. Esta voz, quando escutada com humildade, ensina muitas coisas, retifica previsões e destrói esquemas prévios, ao mesmo tempo que sugere outros".

O estudo dos materiais que, até fins do século passado, constituía a quase exclusiva atribuição dos laboratórios, continua sendo hoje uma das mais volumosas e frutuosas atividades dos laboratórios destinados a apoiar a engenharia civil. Na verdade, são os laboratórios que permitem caracterizar as variadíssimas propriedades dos materiais de que depende o sucesso das obras, tais como a resistência sob ações estáticas e dinâmicas, a permeabilidade a líquidos e gases, as variações de dimensões resultantes de variações de temperatura e umidade e de ações químicas, as propriedades térmicas, as propriedades acústicas, a resistência ao fogo, a durabilidade sob a ação de agentes químicos e biológicos, e mesmo as características estéticas, como a côr.

A maior parte dos ensaios visa a determinação de propriedades a partir das quais, por meio de teorias, é possível prever o comportamento dos materiais em

obra. Quando não se dispõe de teoria de previsão adequada, tem de se recorrer a ensaios que simulem as ações a que os materiais se encontrarão submetidos em obra, quer as provenientes do meio físico ambiente quer do utilizador.

No que respeita os materiais, podem distinguir-se os seguintes tipos de contribuições dos laboratórios: i) os ensaios destinados à prévia seleção e definição de características dos materiais a usar em cada obra, em particular dos materiais como o betão e materiais para aterros, que serão fabricados no estaleiro, isto é, sob a responsabilidade do engenheiro civil; ii) os ensaios de recepção de materiais durante a construção, quer dos produzidos em fábrica quer em estaleiro; e iii) a investigação destinada a conhecer e a melhorar as propriedades dos materiais disponíveis e a descobrir novos materiais.

Apesar de nas obras do engenheiro civil ainda persistir a utilização de numerosos materiais tradicionais, verifica-se a introdução a ritmo acelerado, e que certamente se acentuará no futuro, de novos materiais, sobretudo na construção de edifícios, o que confere cada vez mais relevância ao papel desempenhado pelos laboratórios. Na verdade, esta explosão de novos materiais não permite que eles sejam julgados, como era possível noutros tempos, de acordo com o comportamento verificado em obra em condições de utilização análogas, por período suficientemente lon-

go. Em especial, está assumindo cada vez mais relevância o difícil problema da previsão da evolução dos materiais, isto é, do seu envelhecimento estrutural e funcional dentro do período previsto para a vida das obras.

A investigação no campo dos materiais está-se processando num novo quadro, o da ciência dos materiais, a qual se apóia na física do estado sólido. Persegue-se esse ideal, ainda, longínquo, mas que já está frutificando, em particular no campo dos metais e dos plásticos, o qual consiste em deduzir, isto é, compreender as propriedades tecnológicas dos materiais a partir do conhecimento da sua estrutura, microscópica, molecular, atômica e eletrônica. Mais do que isso, visa-se criar materiais exibindo as propriedades exigidas pelo projetista, isto é, desenvolver uma verdadeira engenharia molecular. Assim, por esta via tão ambiciosa, poderá a atividade dos laboratórios conduzir à descoberta de novos materiais que constituam o fulcro de progressos revolucionários, tal como se tem verificado na história do progresso tecnológico da humanidade.

A crescente industrialização das atividades humanas está-se repercutindo, sobretudo na construção de edifícios, na utilização cada vez mais generalizada de elementos de construção pré-fabricados, em fábrica ou no próprio estaleiro. O ensaio de elementos de construção levanta em regra problemas mais difíceis do que os postos pelos ensaios de

materiais, não só no respeitante à definição dos ensaios a empreender mas também aos meios experimentais a mobilizar. De fato, os ensaios devem simular, para cada tipo de utilização, as ações exercidas sobre os elementos quando integrados na construção, e mesmo por vezes durante o seu transporte e montagem, quer as que interessam ao julgamento da segurança quer da aptidão funcional.

A título de exemplificação de ensaios de elementos de construção, referirei o ensaio de vigas e pavimentos pré-fabricados, de cascas pré-fabricadas, de painéis para paredes, de portas e janelas, de equipamentos para condicionamento, e de equipamento sanitário.

Ao falar-se em ensaios de materiais não pode deixar de se referir o ensaio de materiais compostos, cuja utilização é também cada vez mais larga.

Um problema básico que se põe ao engenheiro, mesmo antes da escolha dos materiais a usar numa obra, é a identificação e caracterização das ações que o meio físico ambiente e o utilizador da obra exercerão sobre esta. Para atingir este objetivo é necessário, em primeiro lugar, caracterizar o próprio meio e a utilização da obra.

No que se refere ao meio físico são extremamente diversos os aspectos que interessam ao engenheiro civil. Desde o campo da gravidade, aos sismos, aos ventos, a numerosas características da atmosfera, como a pressão, tem-

peratura, umidade, poluição, às características do mar, e rios, etc. A caracterização do meio compete em regra a organismos de outras áreas de especialização mas os laboratórios que apóiam a engenharia civil, além de estarem em posição de contribuir para a definição das observações a empreender por esses organismos, tomam muitas vezes a seu cargo realização de observações que interessam especialmente à construção.

Quanto à caracterização da utilização das obras, o projetista estabelece-a a partir da massa de informações resultante do conhecimento do funcionamento de obras análogas, obtido através dos utilizadores e das entidades responsáveis pela exploração das obras. Os laboratórios, mediante a observação do comportamento, tarefa que será tratada adiante, dão contribuição valiosa quer para a definição da utilização quer das ações que esta impõe às obras.

Ocupemo-nos agora dessa tarefa essencial de um projeto que é a determinação das formas e dimensões a dar à obra, de modo que ela satisfaça os objetivos em vista, dentro das preocupações de segurança e economia. Para essa tarefa também os laboratórios dão uma contribuição da maior relevância, através da simulação dos fenômenos em modelos físicos, construídos de acordo com condição de semelhança mecânica, térmica, etc. No que respeita o interesse da utilização de modelos queria chamar a atenção para dois fatores que exercem influ-

ências em sentidos contrários. Por um lado, o progresso do conhecimento dos fenômenos em jôgo e o desenvolvimento de potentes meios de cálculo contribuem para reduzir o interêsse dos modêlos e favorecer a previsão por via analítica mas, por outro lado, os modêlos são valorizados pela crescente preocupação do engenheiro num melhor ajustamento das suas previsões à realidade. Na engenharia civil esta preocupação revela-se sob múltiplas facêtas das quais são dignas de destaque, no momento presente, a consideração do comportamento não-linear dos materiais, o abandono da assimilação de problemas dinâmicos a problemas estáticos, a consideração do caráter tridimensional dos problemas, e a introdução dos conceitos probabilísticos. Acentuo que os modelos se adequam especialmente bem à consideração da maior parte dêstes aspectos.

Mencionarei em primeiro lugar os modelos estruturais, isto é, os destinados a satisfazer uma das preocupações fundamentais de todos os projetos: a averiguação da segurança estrutural. Trata-se de domínio em que os modelos não têm sido, em geral, utilizados com a freqüência com que a meu ver seria conveniente.

É oportuno referir que certas aplicações dos modelos perderam interêsses nos últimos anos em consequência do imenso progresso que o cálculo automático trouxe aos métodos analíticos de previsão do comportamento estrutural, quer como instrumento de

cálculo numérico quer por ter mesmo escorvado o desenvolvimento de novos métodos de cálculo, em especial do tão potente método dos elementos finitos.

Os modelos continuam no entanto sendo uma ferramenta com o maior interêsse para o engenheiro civil, em especial para satisfação da preocupação atrás referida de uma previsão cada vez melhor ajustada à realidade.

No respeitante ao comportamento estrutural, essa preocupação está-se traduzindo no abandono de habituais simplificações das formas das estruturas, o que conduz freqüentemente a equilíbrios tridimensionais, na consideração da capacidade de resistência até à rotura, e na consideração de fenômenos dinâmicos, em particular dos resultantes da ação de sismos.

Quanto às possibilidades dos modelos pode dizer-se que se dispõe presentemente de técnicas que permitem resolver a maior parte dos problemas. De fato, quanto às formas das estruturas não se levanta em regra qualquer dificuldade para as reproduzir, quanto aos materiais para a construção de modelos dispõe-se hoje de uma gama muito variada, mesmo para simulação do comportamento não-linear dos materiais dos protótipos, quanto às solicitações podem até reproduzir-se as de caráter aleatório e, finalmente, no respeitante às medições, em regime estático ou dinâmico a efetuar sôbre os modelos não se encontram hoje dificuldades relevantes. Nos estudos sôbre mode-

los a dificuldade com que se topa mais freqüentemente é a reprodução do pêso próprio.

É no estudo de estruturas a três dimensões, tais como barragens de betão, incluídas as fundações, e no estudo do comportamento de maciços rochosos que atualmente está sendo tirado maior proveito dos modelos.

O domínio em que o engenheiro civil é obrigado a recorrer com mais freqüência aos modelos, como ferramenta de projeto, é o das obras hidráulicas. Tal é consequência da grande dificuldade de tratamento analítico dos problemas de escoamento de líquidos, associada à complexidade das formas a ter em consideração, quer as das próprias estruturas quer as da topografia do terreno.

No que respeita à previsão das condições de escoamento em estruturas hidráulicas constitui uma rotina o recurso a modelos e não é de esperar que a situação se modifique num futuro próximo. No entanto, o imenso volume de resultados de ensaios hoje acumulado, em particular, os obtidos em ensaios com caráter sistemático de estruturas com formas mais correntes, como descarregadores de cheias e bacias de dissipação, permitem por vêzes evitar ou simplificar a realização de ensaios.

Entre os refinamentos que estão estimulando o desenvolvimento dos estudos de estruturas hidráulicas sôbre modêlo destaco a consideração da turbulência dos escoamentos, donde resultam sollicitações de caráter aleatório sô-

bre as estruturas, e a busca de um melhor conhecimento dos fenômenos de erosão.

No que respeita à hidráulica marítima, os laboratórios prestam larga colaboração, em especial no estudo da agitação nas zonas a proteger, com obras portuárias, da ação das vagas sôbre as estruturas, em especial molhes e esporões, da dinâmica e da evolução dos fundos de estuários, incluído o complexo problema da sedimentação das vasas, e, finalmente, referirei o problema da conservação das praias que está assumindo cada vez mais importância.

No estudo dos problemas marítimos a ondulação era, até há poucos anos, simulada nos modelos por meio de ondas monocromáticas. Nos últimos tempos tem-se procurado uma simulação melhor ajustada à realidade, introduzindo nos modelos uma ondulação constituída pela sobreposição de ondas com diversas amplitudes e freqüências, tal como na natureza. Os modelos também estão permitindo a determinação das ações mecânicas, de caráter aleatório, exercidas sôbre as estruturas marítimas.

No respeitante aos problemas de agitação, estão sendo feitos progressos no tratamento analítico dos fenômenos de difração, refração e reflexão que estão permitindo simplificar e poderão vir a dispensar a realização de ensaios.

Na hidráulica fluvial os modelos prestam também relevantes serviços no estudo dos problemas de contrôle de cheias, de navegação, de estabilidade de leitos, e

de transporte sólido, por arrastamento e em suspensão. Alguns dos problemas de escoamento com fundo fixo podem já ser abordados com vantagem por via analítica, quando as condições não são complexas. No domínio dos escoamentos com transporte sólido, os modelos, devidamente calibrados por comparação com os protótipos, constituem uma ferramenta indispensável. No entanto, nos últimos anos, graças ao progresso no tratamento dos processos estocásticos, possibilitado pelos computadores, foi retomado, com perspectivas de êxito, o estudo dos fenômenos do transporte sólido em termos probabilísticos.

Não quero deixar de mencionar a contribuição dos laboratórios para a resolução de problemas de engenharia sanitária, como os postos pelas redes de abastecimento de águas e esgotos, pelos dispositivos sanitários em edifícios, e pela poluição de águas por afluentes domésticos e industriais, a qual exige o estudo dos fenômenos de difusão.

No que respeita a contribuição dos modelos para a definição das formas e dimensões a dar às construções, referimos em primeiro lugar os modelos estruturais e depois os modelos hidráulicos. O projetista pode ainda tirar proveito de modelos puramente funcionais, isto é, destinados a averiguar se dada função de uma obra é devidamente desempenhada. Tais modelos têm especial interesse nos estudos de edifícios, domínio no qual há a satisfazer nu-

merosas condições além da resistência estrutural. Assim, são usados modelos no estudo da acústica de salas, da insolação e iluminação natural, da ventilação, etc.

Os modelos de quaisquer dos variados tipos que temos vindo a referir podem ser utilizados quer para a verificação de dada solução prevista pelo projetista e colheita de sugestões para o seu aperfeiçoamento, quer para a tarefa de investigação de novas formas a dar às construções, sob os múltiplos aspectos que interessam ao engenheiro, quer ainda para a verificação de teorias de previsão do comportamento das construções.

Dentro da concepção de investigação integrada que adiante referiremos, verifica-se que os organismos de investigação começam nos últimos anos a ocupar-se também dos problemas levantados pela própria construção das obras. A investigação está cobrindo não só a fase de execução mas também os problemas de gestão levantados pela indústria da construção. Mais do que isso, em certos países a atividade de investigação está-se mesmo estendendo à economia aplicada à engenharia, tratando-se problemas como o planeamento, num dado território, das realizações a empreender de modo a otimizar a utilização dos meios disponíveis, a satisfação de necessidades por meio de equipamentos evolutivos, como por exemplo no caso de edifícios para habitação e estra-

das, a adolescência dos equipamentos, etc.

No respeitante à gestão estão sendo tratados todos os problemas relativos à execução da construção, como o planeamento da obra, a sua programação, a elaboração de propostas, a contabilidade de custos para previsão e verificação do custo da construção, e a produtividade global e de cada um dos trabalhos da obra. Na investigação dos problemas da gestão estão sendo dados os primeiros passos para o desenvolvimento de um sistema de gestão integrada.

Quanto à fase de execução, a investigação cobre o desenvolvimento de equipamento e os métodos e técnicas de execução, áreas nas quais se oferecem amplas perspectivas de sucesso.

Finalmente, após ter sido referida a participação dos laboratórios no respeitante aos materiais, às ações sobre as obras, às formas destas e aos processos de construção, vejamos qual a sua contribuição para a observação do comportamento das construções.

A observação consiste na colheita sistemática de informações sobre o comportamento estrutural e funcional, com vista: i) a verificar a justeza das previsões contidas no projeto da obra em observação e, conseqüentemente, julgar o mérito do patrimônio de conhecimentos em que o projetista se apoiou; e ii) a obter novos conhecimentos, a aproveitar em futuras realizações.

Os projetistas, construtores, utilizadores e entidades responsá-

veis pela exploração das obras participam, em graus vários conforme os casos, na tarefa de observação mas esta exige muitas vêzes pessoal e meios experimentais especializados que obrigam à intervenção dos laboratórios, em particular quando a observação visa o alargamento de conhecimentos.

Quanto à tarefa de observação, referiremos em primeiro lugar a observação do comportamento dos materiais em especial, a averiguação da evolução de propriedades no tempo que possa ter repercussões desfavoráveis no comportamento estrutural ou funcional.

Uma das mais relevantes contribuições dos laboratórios para a observação das obras tem sido a observação do comportamento estrutural, a qual interessa por vêzes empreender mesmo no decorrer da construção. De um modo geral, a apreciação do comportamento estrutural implica a observação dos efeitos das solicitações, isto é, deslocamentos, deformações e tensões, assim como a observação das próprias solicitações atuantes na estrutura tais como o pêso próprio, pressões exercidas pelo vento, aceleração de sismos, assentamento de fundações e variações da temperatura. Além disso, a interpretação dos resultados da observação exige em regra a determinação, em laboratório, de diversas propriedades dos materiais da estrutura, em especial das propriedades mecânicas e termohigrométricas.

Como apreciação global da atividade de observação do comportamento estrutural conduzida pelos laboratórios, considero que na maior parte dos domínios tem sido insuficiente. É particularmente magra a informação de que se dispõe sobre o efeito de solicitações cuja probabilidade de ocorrência é baixa, tais como sismos e ventos de elevada velocidade. Penso que a observação do comportamento estrutural devia ser empreendida mais largamente, tanto mais que a tarefa de observação está presentemente muito facilitada pelos desenvolvimentos realizados nos últimos anos no domínio da aparelhagem de medida. A intensificação da observação concorrerá não só para o progresso dos conhecimentos mas também para o amadurecimento da formação dos intervenientes no projeto e execução das estruturas, dada, diremos, a visualização que proporciona dos fenômenos do funcionamento estrutural.

Terminarei a referência que tenho estado a fazer à contribuição dos laboratórios para a observação das construções mencionando ainda a observação do comportamento funcional, isto é, respeitante à utilização da obra. Neste domínio há numerosas observações que podem ser feitas pelos utilizadores e pelas entidades que exploram as obras, tais como a observação da adequação dos espaços de um edifício às funções que este deve desempenhar, das infiltrações numa obra hidráulica ou do tráfego numa estrada, mas há muitas outras para

cujas realizações os laboratórios estão especialmente preparados. Será, por exemplo, o caso da observação quantitativa das condições de conforto oferecidas por um edifício, da derrapância e outras características do pavimento de estradas, etc.

Acabamos de passar em revista as contribuições dos laboratórios para a solução dos problemas da engenharia civil. Apesar de não ter podido senão abordar superficialmente o tema, acho que ficou bem evidente a extrema diversidade dessas contribuições e a sua relevância.

Será oportuno referir agora os tipos de laboratórios que prestam apoio à engenharia civil e o papel que desempenham.

Menciono em primeiro lugar os laboratórios que se ocupam somente de ensaios de rotina. Entre estes há a considerar os laboratórios comerciais de ensaios materiais e de modelos e os laboratórios de estaleiro destinados a apoiar a fiscalização da execução das obras.

O outro tipo de laboratório, que desejaria analisar com certo pormenor, é aquele em que é empreendida atividade de investigação, associada por vezes à atividade de desenvolvimento. São muito diversas as índoles dos laboratórios de investigação no respeitante à política de investigação, extensão do domínio coberto, dimensão e vinculação.

No tocante à política de investigação seguida, classificarei os laboratórios em dois grupos: os que se ocupam de dadas discipli-

nas e os que empreendem investigação que designo por integrada.

A investigação conduzida nas Universidades é em regra de natureza disciplinar, o que resulta do fato das Universidades terem, naturalmente, como células da sua estrutura, as disciplinas do conhecimento.

A investigação integrada, isto é, aquela que visa a solução de problemas com apoio em todos os conhecimentos disponíveis, independentemente das disciplinas envolvidas, é em regra conduzida por organismos do setor público, pois na indústria da construção não se verificam condições favoráveis à existência de órgãos de investigação integrada no setor privado, contrariamente ao que ocorre na maior parte das restantes indústrias. Dada a grande extensão e diversidade dos campos cobertos pela engenharia civil, a investigação integrada tem de ser conduzida nos países com maior dimensão económica em laboratórios que cobrem somente um ramo da indústria da construção, tal como edifícios ou estradas ou aproveitamentos hidráulicos. No entanto, em países com menor dimensão económica, como Portugal, considero possível concentrar a investigação na engenharia civil, conduzida de maneira integrada num só laboratório de grande dimensão, diremos como um quadro da ordem de um milhar de pessoas.

Dentro do conceito de investigação integrada, os organismos que dela se ocupam tanto empreendem trabalho de natureza expe-

rimental como teórica e por isso será preferível designá-los por institutos em vez de laboratórios, apesar de predominar, no caso da engenharia civil, a atividade de natureza experimental.

Estou considerando esta matéria dos tipos de organismos de investigação porque ela é de grande importância do ponto de vista do tema de que me ocupo, isto é, do papel dos laboratórios na engenharia civil. Na verdade, um instituto de investigação integrada, pela sua própria natureza, tem de manter atualizada a apreciação global das necessidades presentes e futuras do ramo da indústria da construção que é seu mister apoiar, tem de procurar dispor dos meios humanos e materiais exigidos pela sua satisfação e não pode deixar de se preocupar com a efetiva utilização dos resultados da sua atividade, quer através de ações de difusão quer de desenvolvimento. A referida apreciação global de necessidades tem o maior interesse pois permite uma repartição judiciosa da capacidade de investigação disponível, evitando que seja dada atenção excessiva a certos problemas e, sobretudo, a omissão de outros que podem não ser atraentes mas que são importantes.

A investigação integrada facilita o estabelecimento de uma associação íntima das atividades de investigação com a prática, sobretudo se os institutos em que é empreendida, além da atividade de investigação planeada, também se prestem a dar a sua colabora-

ção na solução de problemas postos individualmente por projetistas e construtores, e mesmo na realização de ensaios de rotina. Penso ser esta a boa solução, desde que sejam respeitadas certas proporções, que variam de caso para caso, entre os volumes dos vários tipos de atividades.

O diálogo permanente entre a investigação e a prática tem duas consequências com a maior projeção. Em primeiro lugar, êle é indispensável para os organismos de investigação poderem adquirir uma compreensão clara do contexto técnico, econômico e social onde se deve inserir a sua ação, condição básica para a eficiência da investigação, desde a formulação dos problemas a resolver, à condução dos trabalhos, ao estabelecimento de conclusões e às medidas visando assegurar a utilização dos resultados. Em segundo lugar, o referido diálogo contribui para uma mentalização dos projetistas e construtores que os leva a poderem dar uma melhor contribuição para o estabelecimento de planos gerais de investigação e a tomarem uma posição mais receptiva perante os resultados da investigação. Além disso, essa mentalização contribuirá para evitar que sejam desperdiçadas as oportunidades que surgem no projeto e execução de cada obra para os institutos de investigação darem a sua colaboração na solução de problemas.

Dados os méritos da investigação integrada, considero que devem existir, em cada país, institutos de investigação integrada des-

tinados a servir os vários ramos da indústria da construção e que, além disso, se deve procurar intensificar o grau de integração da investigação conduzida nas universidades. É no domínio dos edifícios, em especial dos destinados a habitação, que no momento presente mais se faz sentir a necessidade de ser dado maior desenvolvimento à investigação integrada.

Ao falar-se em investigação põe-se o problema do grau de desenvolvimento que é pertinente dar-lhe. Não há muitos decênios tal questão não era formulada em termos globais, mesmo nos países mais avançados, deixando-se sua evolução às iniciativas individuais. Mas, presentemente, dentro do crescente esforço da Humanidade para se determinar a si mesma, verifica-se um grande esforço para definir critérios que permitam estabelecer tão objetivamente quanto possível, dentro da ótica custo-benefício, o investimento que deva ser feito na investigação. Trata-se, como é óbvio, de problema muito complexo que implica a consideração, em cada país, de diretrizes políticas, de planos de ação econômica, da disponibilidade de quadros e ainda de outros parâmetros.

No caso da engenharia civil verifica-se que a despesa global com as atividades de investigação e desenvolvimento, do setor público e privado, atinge em Portugal cerca de 0,5% do valor total das obras executadas, isto é, edi-

ffícios, incluídos os da habitação, e obras públicas. Em Inglaterra a proporção é análoga e em França um pouco inferior; nos Estados Unidos deve ser sensivelmente mais baixa. Ignoro o valor correspondente ao Brasil.

A importância que atinge hoje no mundo o valor dos investimentos na investigação que serve a construção exige que seja cuidada a eficiência da ação de investigação, não só pelo montante da despesa mas sobretudo pela grande repercussão que pode ter na indústria da construção. A investigação deve ser encarada tal como uma atividade industrial que tem de escolher cuidadosamente os produtos a fabricar, os métodos de produção a seguir e que não pode deixar de cuidar da venda dos seus produtos.

Quanto à fixação do grau de desenvolvimento a dar às atividades de investigação, creio que será hoje possível, graças à volumosa

informação disponível, estabelecer para cada um dos grandes ramos da indústria da construção o investimento que convirá fazer, o qual variará de país para país.

Penso que na maior parte dos países se justifica, dentro de uma concepção custo-benefício, incrementar a atividade dos laboratórios que apóiam a indústria da construção, uma vez que a investigação seja conduzida aproveitando todo o vasto património de conhecimentos e experiência de que hoje se dispõe para assegurar a sua eficiência; em especial dentro da concepção de investigação integrada. A necessidade de expansão dos laboratórios é consequência da profunda modificação que se está operando na engenharia civil a qual está passando rapidamente de uma atividade essencialmente empírica, como se verificava ainda há alguns decênios, a uma atividade comandada pelo conhecimento científico.

*MANUEL ROCHA*